

СЕКЦИЯ V. КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАНОСПУТНИКИ

Председатель: д.т.н., профессор Белоконов И.В.

Секретарь: м.н.с. Щербаков М.С.

УДК 629.7

Аргуэльо А.С., Аваряскин Д.П.

ПРОЕКТНЫЙ ОБЛИК МАЛОГО СПУТНИКА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В КОСТА-РИКЕ

На Коста-Рику приходится всего 0,03% поверхности Земли (около 51100 км²). Однако там содержится почти 6% мирового биоразнообразия. Как и многие другие развивающиеся страны, Коста-Рика в последние десятилетия страдает от негативных последствий различных экологических проблем, вызванных глобальным потеплением и развитием новых секторов экономики. Экологические проблемы, такие как вырубка лесов, эрозия почв, загрязнение воздуха, сокращение возобновляемых водных ресурсов, исчезающие виды, красный прилив и др. [1].

В последнее время красные приливы становятся все более серьёзной экологической проблемой в ключевых регионах Коста-Рики. Например, каждый год в заливе Никоя обычно цветёт в течение нескольких недель в начале сезона дождей в апреле и мае. Однако, это явление с каждым годом становится все более продолжительным и интенсивным.

Явление вредного цветения водорослей (ВЦВ), или в народе называемое красным приливом, вызвано избытком питательных веществ, будь то химикаты от сельского хозяйства, заводов или очистных сооружений в водохранилище, а также изменениями температуры, вызванными приливными волнами, что приводит к значительному увеличению количества водорослей и приводит к серьёзному снижению уровня кислорода в воде, выделению опасных токсинов и созданию морских мёртвых зон [2].

Экономические последствия красного прилива включают расходы на очистку пляжей, убытки, связанные с туризмом, и медицинские расходы. Исследование, проведённое в западной Флориде, показало, что вредные явления цветения водорослей (красный прилив) могут в среднем ежегодно терять более миллиона долларов [3].

Обнаружение вспышек красного прилива до того, как они станут крупномасштабными, является ключевым фактором для смягчения негативных последствий. В работе предложен проект малого космического аппарата для обнаруже-

ния и мониторинга этого явления. Проект основан на применении технологий дистанционного наблюдения Земли для решения задач обнаружения и мониторинга красного прилива с целью снижения экологических и экономических последствий.

В работе проведено исследование предыдущих миссий по мониторингу красных приливов; сформированы требования к миссии мониторинга красных приливов в Коста-Рике; проведён анализ целевой аппаратуры для мониторинга красных приливов; разработан проектный облик малого спутника; проведён функциональный анализ миссии; оценена реализуемость предложенной миссии.

Ниже приводится описание подсистем космического сегмента проекта.

Механическая подсистема. Учитывая ограничение по массе, срок службы и бюджет, основным материалом в конструкции спутниковой конструкции будет алюминий 6061. Рама спутника с размерами 10 мм x 10 мм x 30 мм, представляющая собой стандартный 3U CubeSat, будет изготовлена с использованием процесса 3D-печати.

Полезная нагрузка. Спутник будет оснащён камерой, сконфигурированной как устройство многоспектрального сканирования в видимой области спектра (VIS) и ближней инфракрасной части электромагнитного спектра (NIR), через 650-680 нм (центральная полоса 4-665 нм) и 695-720 нм (центральная полоса 5-705 нм), которые являются наиболее эффективными для оценки красных приливов. Пространственное разрешение не менее 30 м GSD при дальности не более 80 км. Мониторинг будет проводиться на тихоокеанском побережье Коста-Рики, охватывая все три залива в своем расширении. Модель камеры Gecko Imager, изготовленная компанией Space Advisory Company.

Бортовой компьютер. Для управления всеми подсистемами спутника используется высокопроизводительный бортовой компьютер iOBC от компании Innovative Solutions In Space (ISIS Inc). Он был выбран из-за большого объёма данных, которые необходимо обрабатывать и хранить. Бортовой компьютер имеет лётную квалификацию. Создан на базе процессора ARM9 с частотой 400 МГц. Кроме того, каждая из спутниковых подсистем (т.е. EPS, ADCS, CS и камера полезной нагрузки) будет иметь микроконтроллер для взаимодействия с бортовым компьютером через общую шину I2C.

Подсистема связи будет состоять из приемопередатчика UHF /VHF от ISIS Inc, наряду с изготовленной на заказ четырёхполосники турникетной антенной для телеметрии, слежения и управления (TT&C), эта конфигурация способна передавать и принимать данные со скоростью до 9600 бит/с, достаточной для передачи телеметрических данных и приёма команд от наземной станции. Для переда-

чи данных полезной нагрузки требуется высокоскоростной передатчик. Для этих целей выбран передатчик S-диапазона TX-2400 от Space Quest Ltd, а также патч-антенна S-диапазона, создаваемая EnduroSat. Эта конфигурация способна устанавливать нисходящую линию связи со скоростью до 6 Мбит/с.

Подсистема ориентации и стабилизации. Спутник должен быть стабилизирован по трём осям, чтобы обеспечить успешное выполнение миссии. Система управления состоит из трёх маховиков для обеспечения ориентации с точностью до 1 градуса. Для определения ориентации используются трёхосевые датчики угловой скорости и звёздный датчик. Все они содержатся в одном устройстве, предоставленном Hyperion Technologies, (модель iADCS). Модель также включает модуль GPS.

Подсистема энергопитания. Расчётная потребляемая пиковая мощность составила 13,1 Вт. Камера Gecko Imager является устройством с самым высоким энергопотреблением с потреблением 3,5 Вт в режиме съёмки, в то время как в режиме ожидания потребляет 2,5 Вт. Система ориентации имеет потребление 2,7 Вт. Система связи имеет потребление 6,9 Вт. Спутник будет оснащён 8 аккумуляторными батареями, контроллером и 17 солнечными панелями. Запланировано разворачивание двух граней с солнечными панелями, которые будут ориентированы на Солнце. Производителем системы энергопитания также будет ISIS для поддержания совместимости во всей подсистеме.

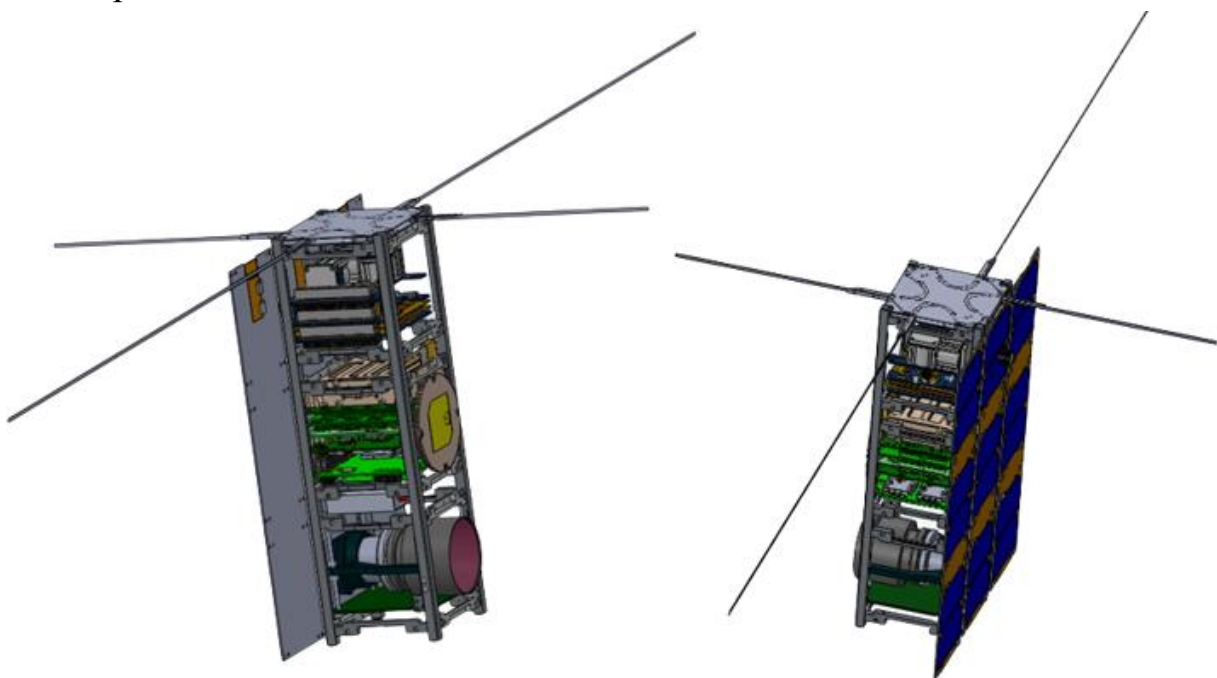


Рис. 1. Модель наноспутника для мониторинга красных приливов

Запуск аппарата может быть осуществлён с МКС с модуля JAXA, с помощью устройства SSOD. Таким образом, его орбита будет аналогична МКС (высота 410 км, наклонение 51,6°). Продолжительность миссии: 12 месяцев (минимум),

24 месяца (желательно). Миссия предполагает сотрудничество с CIMAR (Центром морских и лимнологических исследований Университета Коста-Рики) для научной интерпретации и управления данными, а также с поставщиками услуг для удалённых станций. Кроме того, вычислительные модели были разработаны на основе программного обеспечения с открытым исходным кодом для моделирования траектории спутника и сеансов связи. В зависимости от типа наблюдаемого явления требуется минимальная частота отображения два раза в день. Для этих целей использовался пакет Matlab с входными данными, такими как параметры орбиты, определенные для нашего спутника, и координаты области для мониторинга. Полученные результаты показаны на рис. 2 и максимальная периодичность составляет 11,5 часов, с периодами отображения от 450 до 600 секунд.

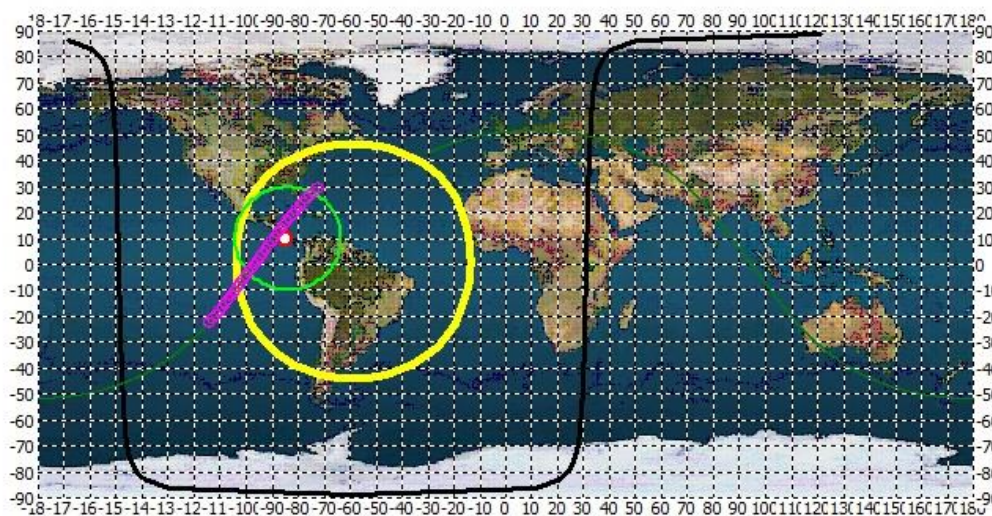


Рис. 2. Траектория орбиты

Согласно анализу бюджета, эта миссия будет недорогой и специализированной для дистанционного наблюдения за красными приливами.

Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

Библиографический список

1. В заливе Никоя продолжается смертоносный красный прилив [<https://ticotimes.net/2012/03/29/in-nicoya-gulf-the-deadly-red-tide-lingers>]. – Тико таймс. – 2012.

2. Мирза, Э.Ф. Исследование о риске красных приливов и базовом понимании рыбаков и жителей Бандар-Аббаса, Хормозган Провинция, Иран (Персидский залив) / Э.Ф. Мирза, М.С. Мортазави, Р. Арджманди, А. Лахиджаниян// Иранский журнал рыбохозяйственных наук. – 2020. – Вып. 19. – С. 471-487.

3. Морган, К.Л. Государственные расходы на красные приливы Флориды: опрос управляющих прибрежными районами / К.Л. Морган, С.Л. Ларкин, К.М. Адамс//Флоридский центр исследований сельскохозяйственного рынка. Отраслевой отчет. – 2007. – №45. – С. 35-42.

УДК 629.7

Барина Е.В., Лапшова Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫХОДА НАНОСПУТНИКА ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА

В настоящее время всё больше возрастает интерес к наноспутникам (НС) – малым космическим аппаратам с массой менее 10 кг [1]. Это связано с простотой разработки и низкими затратами на их создание по сравнению с обычными космическими аппаратами. Обычно запуск НС происходит с помощью транспортно-пусковых контейнеров (ТПК). Это система, позволяющая доставить НС на космодром, снизить нагрузки, действующие на НС, а также произвести его отделение после доставки на орбиту [2]. При отделении НС от ТПК возникает проблема оценки угловых скоростей отделения, которые приобретает НС в процессе выхода. Зная диапазон угловых скоростей отделения, можно быстрее обеспечить требуемую ориентацию НС, а также точнее определить количество ресурсов, необходимых для демпфирования угловой скорости.

В данной работе рассматривается плоский случай процесса выхода НС Sam-Sat-ION из ТПК (рис. 1).

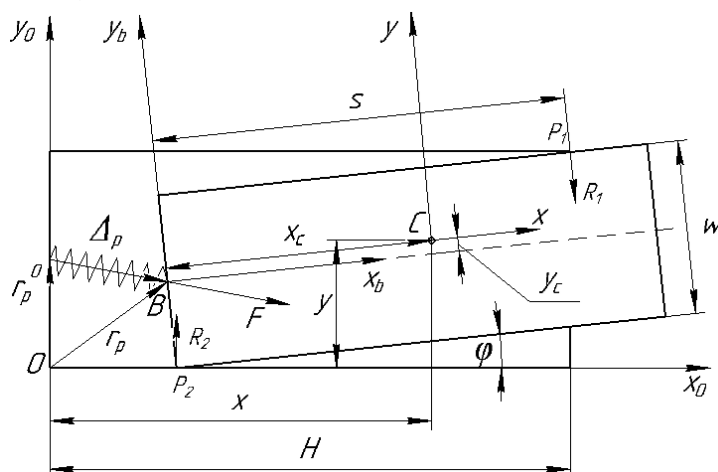


Рис. 1. Схематичный чертёж положения НС при выходе из ТПК

В работе приняты следующие допущения: НС и ТПК – абсолютно твёрдые тела; движение НС происходит только под действием силы пружинного толкателя; толщиной и массой платформы толкателя пренебрегается.